

MESURE MAGNETIQUE DES QUADRIPOLES
TERWILLIGER TYPE TN
POUR EPA

G. Suberlucq - M. Tardy

1. INTRODUCTION

2. PRINCIPE ET PRECISION DES MESURES

- 2.1 Système de coordonnées et alignement
- 2.2 Principe et précision des mesures

3. MESURES MAGNETIQUES

- 3.1 Repérage des polarités et cyclage des aimants
- 3.2 Axe magnétique et centre magnétique longitudinal
- 3.3 Mesure de la magnétisation
- 3.4 Mesure de l'homogénéité du gradient intégré sur la longueur
- 3.5 Contrôle de la série des "Wide Quadrupoles"

1. INTRODUCTION

42 quadripôles Terwilliger type TN ont été récupérés des ISR pour l'accumulateur à électrons et positons EPA. 8 sont installés dans l'anneau EPA et forment la famille des "Wide Quadrupoles", 14 dans la ligne de transfert LIL vers EPA et 20 dans la ligne de transfert EPA vers PS.

Le but de la présente note est de décrire les propriétés magnétiques de ces aimants aux deux points de fonctionnement correspondant aux quadripôles anneaux et à ceux des lignes de transfert.

2. PRINCIPE ET PRECISION DES MESURES

2.1. Système de coordonnées et alignement

La figure 1 montre le système de coordonnées que nous avons utilisé.

L'alignement a été effectué en utilisant le gabarit d'alignement prévu à cet effet. La précision de l'alignement de l'aimant est meilleure que $\pm 0,1$ mm. Les bobines de mesures sont alignées à $\pm 0,2$ mm.

2.2. Principe et précision des mesures

Toutes les mesures sont faites après avoir cyclé l'aimant comme défini au § 3.1.

2.2.1. Alimentation en courant

Les quadripôles sont alimentés en courant continu entre 0 et 170A avec l'alimentation Hazemayer.

La mesure du courant est faite avec un DCCT 1000A/10V.

Erreur sur la valeur absolue	: $\epsilon_a \leq \pm 4 \times 10^{-4}$
Erreur aléatoire	: $\epsilon_r \leq \pm 2 \times 10^{-4}$
pour	: $60A \leq I \leq 170A$

2.2.2. Mesure de la courbe de magnétisation

Avant chaque nouvelle valeur de courant l'aimant est cyclé au moins 10 fois comme il est indiqué au §3.1.

La valeur finale de la mesure du gradient est la moyenne des 4 valeurs obtenues lors des 4 rotations de 90°.

$$\int Gdz(0,0) = \frac{I_{th}}{8 \cdot A_s} \sum_{n=1}^4 \left| \frac{\int_0^t e_n dt}{I_n} \right|$$

avec :

I_{th} = Courant théorique auquel on souhaite faire la mesure.

A_s = Constante spécifique de la bobine à gradient

Pour GL1 : $A_s = 0,0251443 \text{ m}^2$

Pour GLS1/L : $A_s = 0,0244861 \text{ m}^2$

I_n = Courant effectivement mesuré pendant la rotation de 90°. Il doit être égal à $\pm 2 \times 10^{-3}$ près à la valeur théorique I_{th} .

$\int_0^t e_n dt$ = Intégration de la tension induite dans la bobine à gradient pendant une rotation de 90°.

2.2.3. Mesure de l'homogénéité

Pour chaque coordonnée X, $\int Gdz(X,0)$ est mesuré comme indiqué au §2.2.4.

$$EPS = \left(\frac{\int Gdz (X,0)}{\int Gdz (0,0)} \right)^{-1} \times 100$$

2.2.4. Précision de la mesure du gradient intégré sur la longueur

Le mesure est faite soit avec la bobine GL1 soit avec la bobine GLS1/L.

Erreur sur la valeur absolue : $ea \leq \pm 1 \times 10^{-3}$
 : $ea \leq \pm 5 \times 10^{-4}$

Pour la même alimentation et les mêmes conditions de cyclage de l'aimant ;

Pour $50A \leq I \leq 170A$ et $-70 \leq X \leq 70$ mm

3. MESURES MAGNETIQUES

3.1. Repérage des polarités et cyclage des aimants

La figure 1 montre la façon dont les aimants ont été connectés pour les mesures.

3.1.1. Cyclage

Tous les quadripôles ont subi, avant mesure, au moins 10 cycles de courant entre 0 et 170A :

- I_{\max} : 170A
- Durée des plateaux = 1s
- Pente : 400A/s

Nous avons vérifié que pour une même polarité un cyclage entre 0 et 95A n'introduisait pas de différence mesurable (cas de la famille des "Wide Quadrupoles").

NOTA : L'alimentation Hazemayer génère à l'enclenchement une impulsion de courant négatif de 50A pendant 1 à 2 secondes. Ce phénomène, inhérent au principe de l'alimentation, a pour conséquence de démagnétiser partiellement les aimants alimentés à faible courant :

Pour $I = 65A$

Avec alimentation Hazemayer : $\int Gdz(0,0) = 0,89195$ T

Avec alimentation T702 : $\int Gdz(0,0) = 0,89388$ T

Soit un écart de $2,2 \times 10^{-3}$

Pour un point de fonctionnement donné cette écart reste constant d'un aimant à l'autre.

Toutes les mesures ont été réalisées en utilisant l'alimentation Hazemayer sauf l'essai sur l'inversion de polarités décrit ci-après en 3.1.2. où nous avons utilisé une T702.

3.1.2. Inversion des polarités

Pour un même cyclage l'inversion des polarités du courant de cyclage et du courant nominal introduit une augmentation de $\int Gdz(0,0)$ de $1,3 \times 10^{-3}$ à $I_n = 65A$ (mesuré sur le N°. 11). Pour obtenir une bonne symétrie il est nécessaire de démagnétiser les aimants.

Cycle de démagnétisation proposé :

$$I = +200A; -\frac{2}{3} \times 200A; +\frac{4}{9} \times 200A; \dots \left(-\frac{2}{3}\right)^n \times 200; \dots$$

avec : $0 \leq n \leq 16$ et des pentes de 400A/s.

Bien qu'avec la T702 nous ayons été limité à $n = 10$ ($I_{\min} = 3A$) nous avons réduit le gradient rémanent à $\int Gdz_{\text{rem}} = 5 \times 10^{-4} T$ au lieu de $3 \times 10^{-3} T$ dans le cas d'un cyclage à 95A.

3.2. Axe magnétique et centre magnétique longitudinal

Axe magnétique : sur le N°.17 nous avons vérifié que $\Delta X, \Delta Y \leq \pm 0,1$ mm.

Centre magnétique longitudinal : sur le N°.11 nous avons vérifié que $\Delta Z \leq \pm 0,1$ mm.

3.3. Mesure de la magnétisation

Le tableau N°.1 correspond à la courbe de magnétisation du gradient intégré sur la longueur pour le quadripôle N°.30, lorsque l'on atteint la valeur du courant par valeur croissante à partir de $I_{\min} = 0$; ou par valeur décroissante à partir de $I_{\max} = 170A$.

La figure 2 montre la variation du coefficient de magnétisation :

$$K_0 = \frac{\int Gdz(0,0) \text{ à } I=80A}{I=80A} \quad \text{lorsque } I \text{ est croissant}$$

$$\frac{dK}{K} = \left(\frac{\int Gdz(0,0)/I - K_0}{K_0} \right) \times 100$$

3.4. Mesure de l'homogénéité du gradient intégré sur la longueur

La figure 3 présente l'homogénéité du gradient intégré sur la longueur aux deux points de fonctionnement

I = 65A pour les "Wide Quadrupoles" et

I = 162A pour les quadripôles des lignes de transfert

3.5. Contrôle de la série des "Wide Quadrupoles"

Le contrôle c'est effectué à I = 65A et X = Y = 0.

N° Aimant	16	18	29	30	31	32	35	41	43
$\int Gdz(0,0)T$	0,8930	0,8932	0,8931	0,8928	0,8930	0,8932	0,8930	0,8934	0,8931
Eps x 10 ⁻⁴	-1	+1	0	-3	-1	+1	-1	+4	0

Valeur moyenne : $\int Gdz_{\text{moy}} = 0.8931T$

$$Eps = \frac{\int Gdz(\text{aimant}) - \int Gdz_{\text{moy}}}{\int Gdz_{\text{moy}}}$$

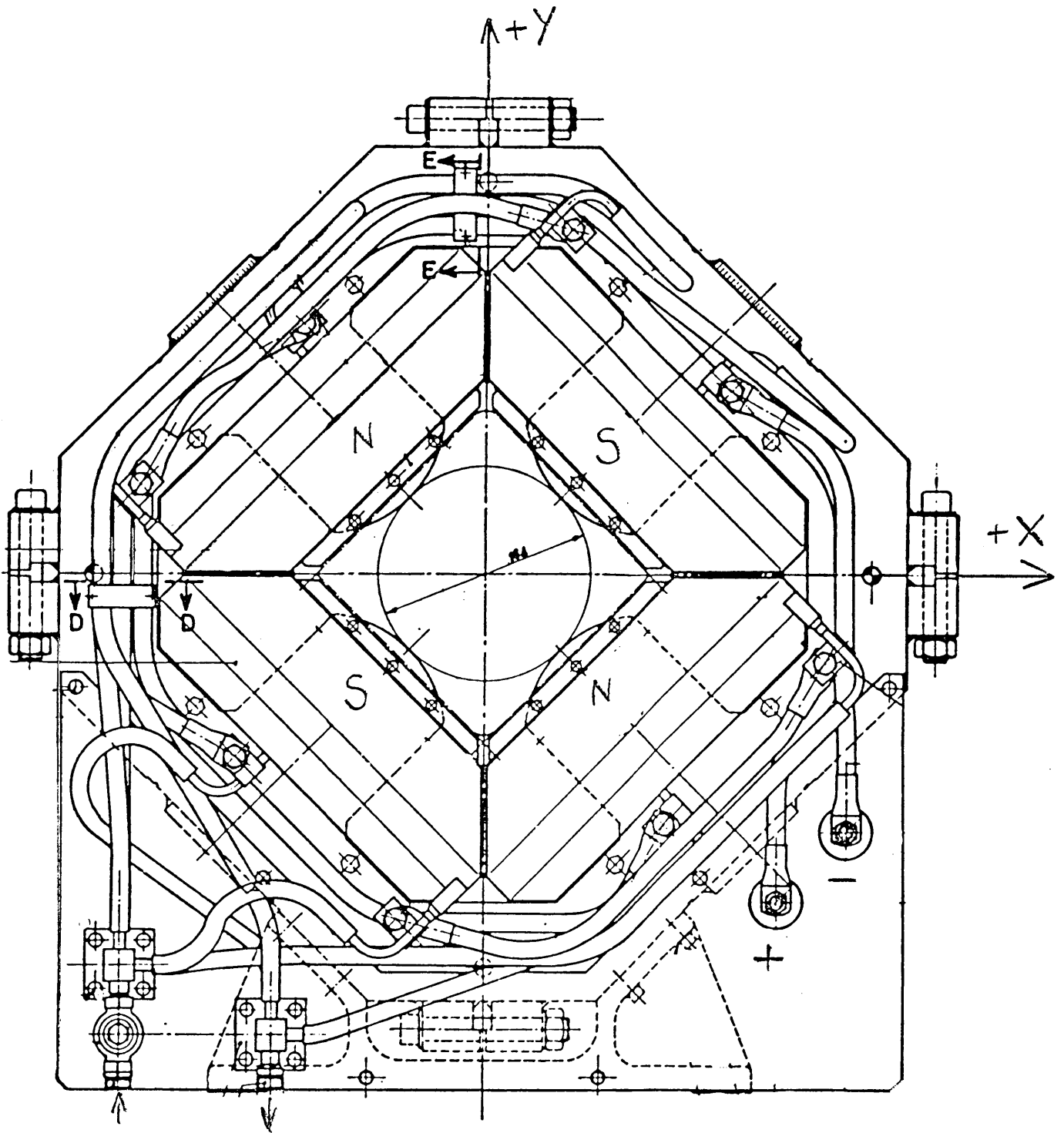


Figure 1

QT Type TN No30 : mesure de la magnetisation $\int Gdz(0,0) = f(I)$ 23/03/1984
(Xref,Yref)=(0,0) mm

COURBE 1 : le courant croit de Imin = 0 A à Imax = 170 A
COURBE 2 : le courant decroit de Imax = 170 A à Imin = 0 A

QT No30 QUADRUPOLE OERLIKON TYPE TN (TERWILLIGER)

COURANT CONTINU ; MANUEL ; Q-POLES GRAD ; MAGNETISAT.(I)
MESURE INTEGREE ; GL1 ; HP 2401C ; ATTENUATION NON
TENSION ; HP 3490 ;

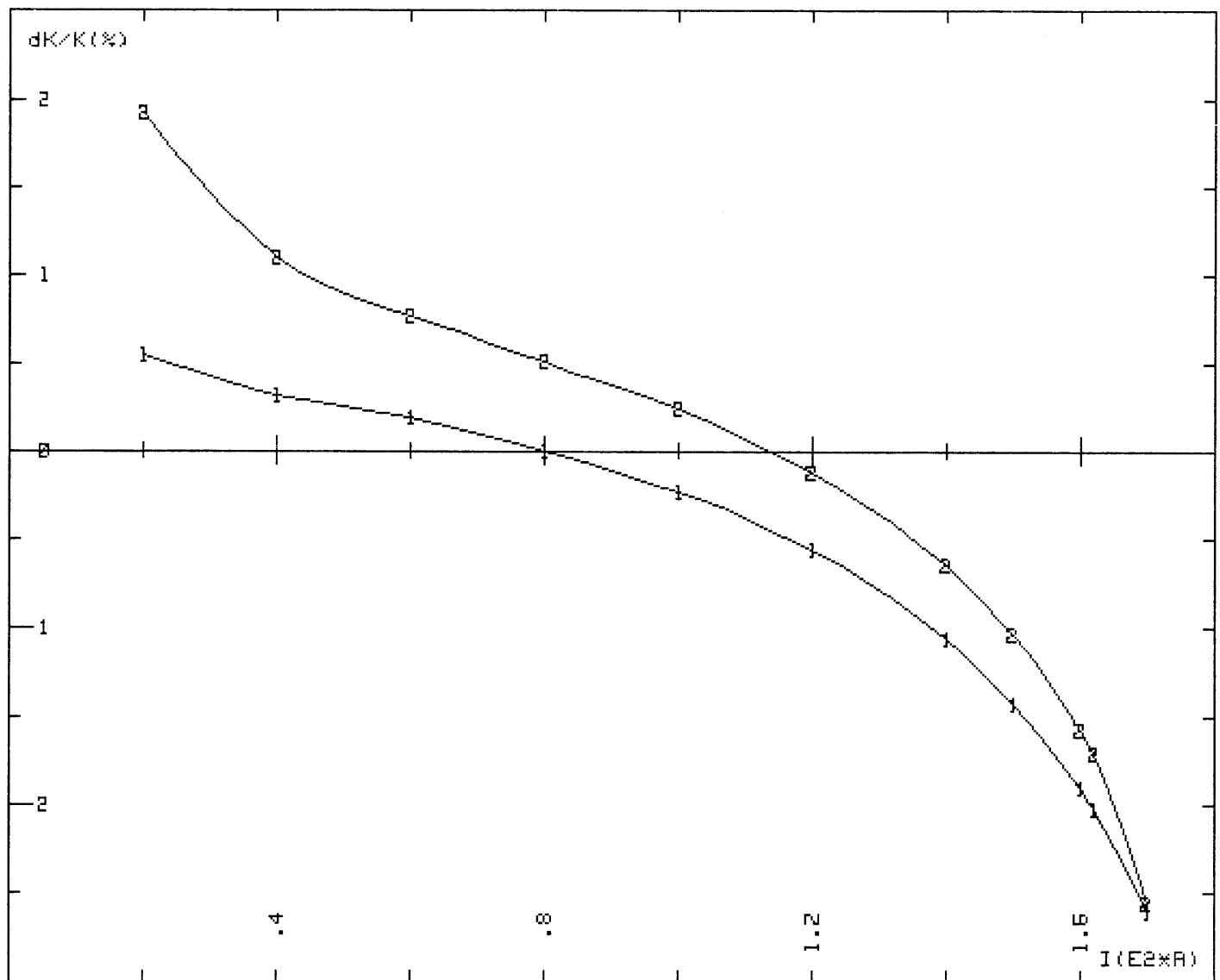
Nom du fichier : BI1801 disque DATA 2

Courbe1 ; Courbe2 = f(I) à X = Y = 0 mm

Courbe1 : $\int Gdz(0,0)=f(I)$ quand I croit de Imin = 0 A à Imax = 170 A
Courbe2 : $\int Gdz(0,0)=f(I)$ quand I decroit de Imax = 170 A à Imin = 0 A

COURANT A	Courbe1 T	Courbe2 T	(C2/C1-1)*100 %
0.00	.00339	.00447	31.92
20.00	.27589	.27965	1.36
40.00	.55053	.55480	.78
60.00	.82474	.82948	.57
80.00	1.09756	1.10309	.50
100.00	1.36877	1.37522	.47
120.00	1.63711	1.64435	.44
140.00	1.90035	1.90815	.41
150.00	2.02855	2.03660	.40
160.00	2.15336	2.16063	.34
162.00	2.17762	2.18453	.32
170.00	2.27155	2.27258	.05

TABLERAU No 1



QT Type TN No30 : mesure de la magnetisation $\int Gdz(0,0) = f(I)$ 23/03/1984
 (Xref, Yref)=(0,0) mm

COURBE 1 : le courant croit de $I_{\min} = 0 \text{ A}$ à $I_{\max} = 170 \text{ A}$
 COURBE 2 : le courant decroit de $I_{\max} = 170 \text{ A}$ à $I_{\min} = 0 \text{ A}$

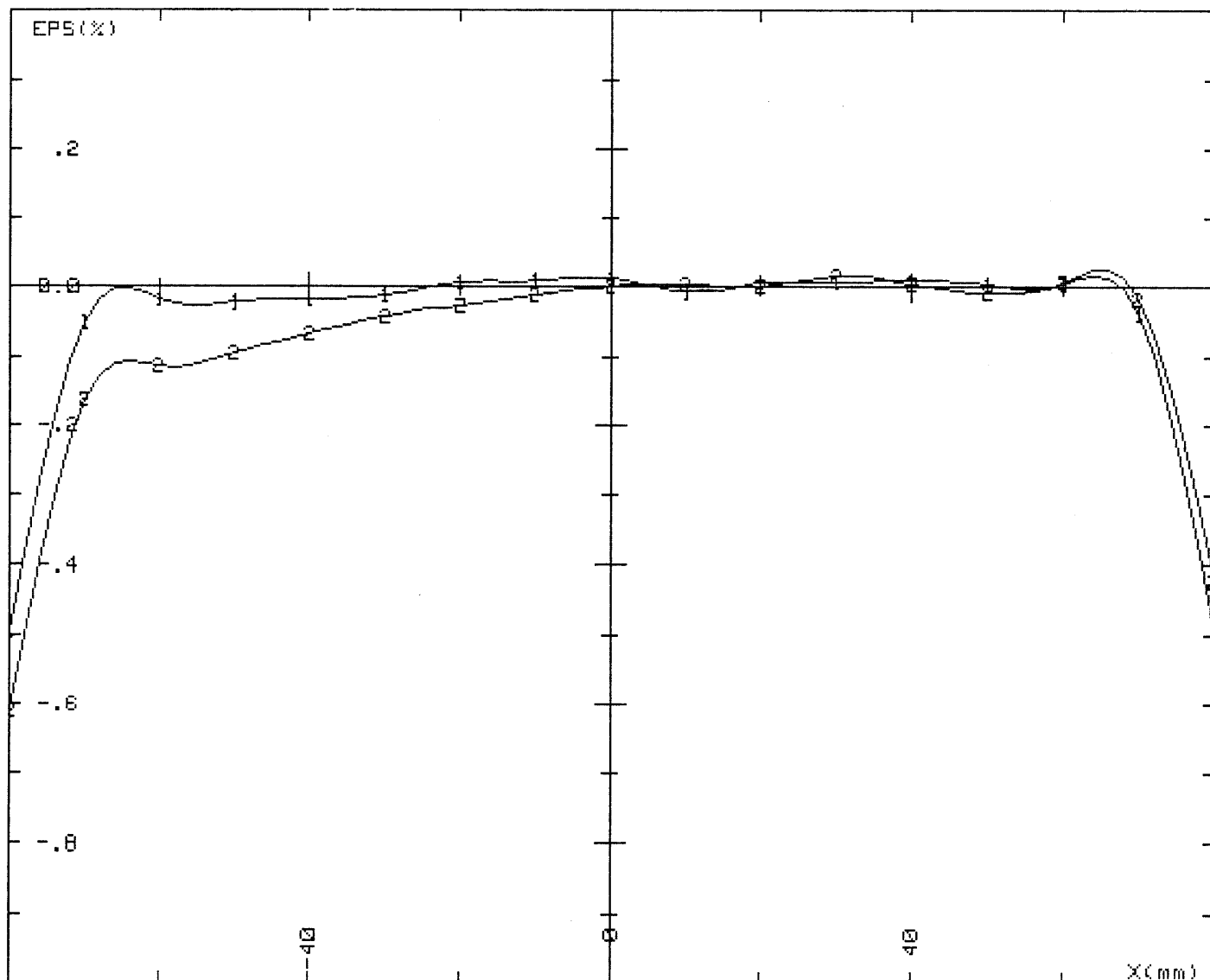
COEFFICIENT DE MAGNETISATION : $K = 1.3720E-02 \text{ T/A}$ à $I = 80 \text{ A}$
 $\int Gdz(0,0) = K*(1+dK/K/100)*I$

QT No30 QUADRUPOLE OERLIKON TYPE TN (TERWILLIGER)

COURANT CONTINU ; MANUEL ; Q-POLES GRAD ; MAGNETISAT.(I)
 MESURE INTEGREE ; GL1 ; HP 2401C ; ATTENUATION NON
 TENSION ; HP 3490 ; ;

Nom du fichier : BI1801 disque DATA 2

FIGURE : 2



TERWILLIGER : mesure de l'homogeneite de $\int Gdz(x,0)$

26/02/1986

COURBE 1 : $\int Gdz(0,0) = 2.1771 \text{ T}$ à $I = 162 \text{ A}$ quadripole No 40

COURBE 2 : $\int Gdz(0,0) = 0.8922 \text{ T}$ à $I = 65 \text{ A}$ quadripole No 11

QUADRIPOLE TERWILLIGER TYPE TN

COURANT CONTINU	;	MANUEL	;	0-POLES GRAD	;	HOMOG.(X,Y)
MESURE INTEGREE	;	BOB. GLS1/L	;	HP 2401C	;	ATTENUATION NON
TENSION	;	HP 3490	;		;	

LOUPE DU FICHER : H01705

FIGURE : 3

DISTRIBUTION

Membres de la section MA du groupe PSR

Y. Baconnier

J.P. Delahaye

A. Krusche

H. Kugler

J.H.B. Madsen

A. Riche